

Министерство образования Республики Беларусь
УО «Полесский государственный университет»

Каленчук Т.В.

**Применение фитогормонов отечественного производства
на цветочно-декоративных культурах в условиях Беларуси**

Методические рекомендации

**По дисциплине «Физиологические основы выращивания
растений в искусственных условиях»**

Пинск
ПолесГУ
2017

УДК 631.8:635.91
ББК 28.54

Рецензенты:

кандидат биологических наук, доцент Н.А. Чигрин;
кандидат биологических наук, доцент А.Г. Чернецкая

Утверждено

научно-методическим советом ПолесГУ

Каленчук, Т.В.

Применение фитогормонов отечественного производства на цветочно-декоративных культурах в условиях Беларуси / Методические рекомендации / Т.В. Каленчук. – Пинск: ПолесГУ, 2017. – 46 с.

В методических рекомендациях обобщается опыт применения фитогормонов отечественного производства на цветочно-декоративных культурах в условиях Беларуси и даны практические рекомендации на наиболее популярных из них. Методические рекомендации предназначены для цветоводов и озеленителей, а также для студентов биотехнологического факультета УО «ПолесГУ» специальностей 1-31 01 01 «Биология (по направлениям)» и 1-75 02 01 «Садово-парковое строительство» со специализацией «Ландшафтное проектирование» .

ПРЕДИСЛОВИЕ

Брассиностероиды представляют собой класс растительных гормонов необходимых для роста, развития и адаптации растений в окружающей среде [1]. Брассиностероиды инициируют множество процессов в растительной клетке, усиливают клеточное деление, элонгацию, биосинтез протеинов, совместно с другими фитогормонами воздействуют на основные физиологические процессы, которые определяют продуктивность и качественные параметры растений [2]. Применение брассиностероидов таких как брассинолид, 24-эпибрассинолид, 28-гомобрассинолид в количествах 5-20 мг на гектар приводит к значительному увеличению выхода пшеницы, риса, картофеля, ячменя и других сельскохозяйственных культур [3]. Растения, обработанные брассиностероидами, оказываются более устойчивыми к засухе, экстремальным температурным условиям и засоленности почвы. Исследования в области биосинтеза брассиностероидов, генетического анализа и сигнальных процессов с участием брассиностероидов позволили понять некоторые основные механизмы их действия [4 - 5].

28-Гомобрассинолид является одним из наиболее активных и перспективных для использования в сельском хозяйстве брассиностероидов. Он присутствует во многих растительных объектах, и обладает ростмодулирующим и адаптогенным действием, при этом в ряде тестов превосходит по своей активности брассинолид и 24-эпибрассинолид. Так, например, 28-гомобрассинолид ускоряет развитие ячменя, значительно повышает урожайность фасоли и капусты [9 - 11]. В настоящее время на основе 28-гомобрассинолида создан и проходит регистрацию препарат для сельского хозяйства Эпин-плюс. Известно также, что некоторые синтетические аналоги брассиностероидов проявляют заметную биологическую активность, сопоставимую с природными брассиностероидами. Эти факторы обуславливают научный и практический интерес к исследованию производных 24-эпибрассинолида и 28-гомобрассиностероидов на цветочно-декоративных культурах в цветоводстве, а также к разработке удобных, высокочувствительных и быстрых методов их анализа.

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

За последние 30 лет теория гормональной регуляции обогатилась огромным экспериментальным материалом. Показано, что каждый из фитогормонов связан с другими и проявляет свою активность в сочетании с действием всей системы, что соотношение компонентов в отдельных этапах онтогенеза различно.

Многие результаты теоретических исследований нашли применение в практике современного растениеводства [39]. Зная, какие эндогенные регуляторы роста, важны и на каком, этапе каждый из них необходим для нормального цветения и плодоношения, можно целенаправленно изменять темпы роста и развития растений. Синтезировано большое число химических препаратов, обладающих сходным с природными регуляторами роста действием, получены заводским способом природные фитогормоны [40].

Применение биологически активных веществ в цветоводстве позволяет более полно реализовать потенциальные возможности растений за счет регулирования таких важных процессов, как закладка и рост корней, рост стебля, листьев, переход к цветению, продолжительность цветения, а также за счет снижения повреждающего действия неблагоприятных факторов окружающей среды [41].

Брассиностероиды (БС) – новая группа фитогормонов, происходит от латинского наименования рапса (*Brassica napus* L.). По своему химическому строению БС являются полиоксистероидами и в структурном отношении особенно близки к экдизонам, являющимися гормонами линьки метоморфоза насекомых [42].

Эпибрассинолид (ЭБ) и гомобрассинолид (ГБ) являются первыми представителями нового поколения сельскохозяйственных химикатов с одним из брассиностероидов – 24-эпибрассинолидом и 28- гомобрассинолидом соответственно, как активным действующим веществом; действует в чрезвычайно малых дозах, которые являются сопоставимыми с естественным содержанием эпибрассинолида в растениях; экологически безопасен,

нетоксичен в отношении человека, млекопитающих, полезных насекомых и рыбы; стимуляция ЭБ физиологических процессов в растениях увеличивает урожайность и качество зерновых культур, уменьшает потери от болезней и увеличивает защитные функции к неблагоприятным условиям типа засухи, засоленности почв, холода, и т.д. ЭБ – эмульгирующий концентрат с содержанием 24-эпибрассинолида 0,25 г/л [43 - 44].

ХИМИЧЕСКАЯ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА 24-ЭПИБРАССИНОЛИДА

Действующее вещество, эпибрассинолид, (24R)-брассинолид (22R,23R,24R)-2а,3а,22,23-тетраокси-24-метил-В-гомо-7-окса-5а-холестан-6-он (рисунок 1). Эмпирическая формула: $C_{28}H_{48}O_6$. Молекулярная масса: 480. Действующее вещество препарата – 24-эпибрассинолид идентичен по структуре и механизму действия природному эпибрассинолиду, вырабатываемому в самом растении.

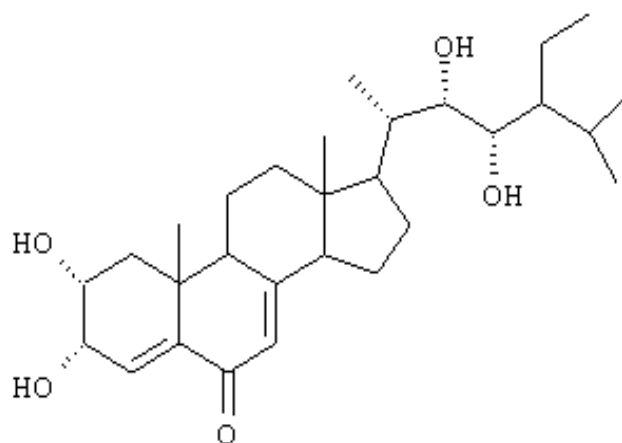


Рисунок 1 - 24-эпибрассинолид

Механизм его действия состоит в активации белково-нуклеинового обмена, фотосинтеза, повышении иммунного статуса растения, воздействии на гормональный баланс, улучшении приспособляемости за счет более полной реализации резервов генома, что, в совокупности, обеспечивает гармоничный рост и развитие растения на всех стадиях. Более крепкое и

здоровое растение обладает большей устойчивостью к вредителям и болезням, дает более высокий урожай лучшего качества. ЭБ применяется для замачивания семян и клубнелуковиц перед посевом с целью повышения энергии прорастания и всхожести; замачивания черенков с целью стимуляции корневой системы; опрыскивания вегетирующих растений ту или иную фазу развития с целью стимуляции роста и развития, повышения урожая, защиты растений от неблагоприятных факторов окружающей среды (резких перепадов температур, засухи или переувлажнения, засоления почв, загрязнения их солями тяжелых металлов, радионуклидами, ядохимикатами, наличия вредителей и болезней). Препарат дает положительный эффект на зерновых, овощных, технических, декоративных культурах [45-51]. Препарат используется для опрыскивания растений на ранних стадиях вегетации в дозах, которые не превышают уровня естественного содержания эпибрассинолида в растениях. Исследования показывают, что эпибрассинолид быстро метаболизируется в растениях, превращаясь в водорастворимые соединения, и выводится из растения полностью в течение нескольких суток. Однако, оказанное им положительное действие на растение, как показывают многочисленные лабораторные и полевые испытания, сохраняется весь срок до сбора урожая, обеспечивает его лучшее качество и устойчивость при хранении [52 - 56].

ХИМИЧЕСКАЯ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА 28-ГОМОБРАССИНОЛИДА

Гомобрассинолид (ГБ) — природный биорегулятор, стимулятор роста и развития растений (рисунок 2). Действующее вещество - гомобрассинолид, 0,25 мг/мл. Гомобрассинолид — стрессовый адаптоген и иммуномодулятор. ГБ — способствует развитию полезной почвенной микрофлоры и привлечению дождевых червей, продуцирующих биогумус [57].

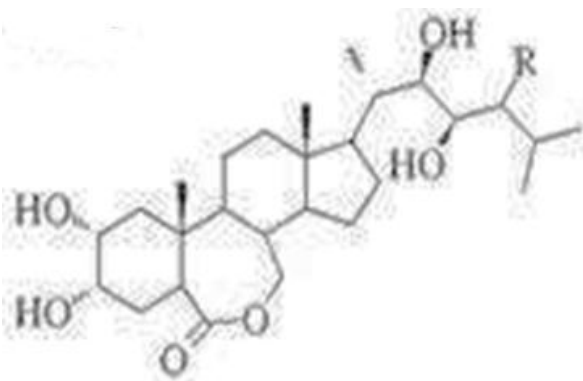


Рисунок 2 - 28-гомобрасинолид

Препарат малотоксичен для человека, теплокровных животных (IV класс опасности); практически не опасен для рыб, полезных насекомых и пчёл, не накапливается в почвах, не загрязняет грунтовых и поверхностных вод, не фитотоксичен. Хранить в тёмном месте при t от -5 до $+25^{\circ}\text{C}$. В случае расслаивания нагреть до комнатной температуры, перемешать встряхиванием.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ 24-ЭПИБРАССИНОЛИДА И 28-ГОМОБРАССИНОЛИДА

Препарат с содержанием 24-эпибрасинолида $0,25$ г/л растворяют в воде в день применения. Не допускать щелочной среды растворов. Оптимальный расход ЭБ– $20-100$ мл на га. Оптимальный расход рабочего раствора – $400-500$ л на га. ЭБ хранить в прохладном сухом месте. Гарантируемый срок хранения 3 года [58].

Применяется ЭБ на картофеле в качестве средства улучшения клубнеобразования, повышения урожая и пищевой ценности клубней, стимулирования иммунной системы, повышения устойчивости к заболеваниям, в т.ч. фитофторе (*Phytophthora infestans*), снижения аккумуляции нитратов и радионуклидов. При микроклональном размножении картофеля применяется в качестве средства сокращения периода роста, увеличения числа междоузлий, стимуляции развития корневой системы, увеличения числа растений, пригодных к черенкованию, оздоровления от вирусных инфекций. Опрыскивание проводится в фазе бутонизации. Расход препарата 80 мл на $300-400$ л воды на

1 га посевов. Для мелких хозяйств рабочий раствор готовится из расчета 1 мл на 5 л воды при расходе 3 л на 100 м². При первичном семеноводстве картофеля добавляется в стандартную питательную среду Мурасиге-Скуга в количестве 1 мл на 1 л питательного раствора. При применении ЭБ урожайность увеличивается на 12-27 % и более, снижается содержания нитратов. Совместное применение с фунгицидами повышает их эффективность и позволяет снизить норму расхода фунгицида и удобрений. При обработке клубней картофеля после уборки отмечено подавление прорастания и удлинение периода глубокого покоя, снижение поражаемости клубней микроорганизмами при длительном хранении. Показано снижение заболеваемости фитофторозом и другими заболеваниями (парша, гниль), повышение питательной ценности картофеля, снижение накопления радионуклидов. При первичном семеноводстве картофеля добавление эпибрасинолида в питательную среду для выращивания растений вызывает стимуляцию роста и развития растений, корневой системы, формирования числа междоузлий, и, как результат, сокращение периода роста растений, пригодных к черенкованию, с 14 дней (по обычной методике) до 8 дней, увеличение коэффициента размножения при черенковании в 2-3 раза. Впоследствии наблюдается уменьшение количества растений с вирусной инфекцией в 4 раза и увеличение урожая первого клубневого поколения на 15,7 % [59 - 64].

На томатах открытого и защищенного грунта применяется в качестве средства повышения энергии прорастания семян и всхожести, усиления защитных свойств к неблагоприятным условиям внешней среды, увеличения количества завязей, предотвращения их опадения, ускорения созревания плодов и улучшения их качества, повышения устойчивости к заболеваниям, снижения аккумуляции радионуклидов и нитратов. Применяется для замачивания семян на 2 часа. Расход препарата 0,2-0,5 мл на 2 л воды на 1 кг. Для мелких хозяйств: для замачивания семян 1-2 капли из пипетки на 100 мл воды. Опрыскивание в фазу начала бутонизации и в фазу цветения первой кисти. Расход препарата 50 мл на 300-400 л воды на 1 га. Для мелких хозяйств: 0,5 мл на 4 л воды на 100 м². При

применении ЭБ увеличение урожайности на 20-100 % при предпосевном замачивании семян и опрыскивании вегетирующих растений в период цветения за счет улучшения завязываемости плодов, уменьшения их опадения, увеличения их количества, размера и веса. Отмечено повышение посевных качеств семян при их замачивании, и как последствие такой обработки - повышение устойчивости растений к пониженным температурам и недостатку влаги, опрыскивание по вегетации дает прибавку урожая 12 %. Показано стимулирующее действие препарата на плодообразование, повышение устойчивости к низким и высоким температурам, повышение урожайности и увеличение содержания витамина С, минеральных веществ при одновременном снижении содержания нитратов [65 – 68].

На огурцах открытого и защищенного грунта применяется в качестве средства повышения энергии прорастания семян и всхожести, усиления защитных свойств к неблагоприятным условиям внешней среды (низкие температуры, отсутствие влаги), увеличения количества завязей, повышения урожая, повышения устойчивости к заболеваниям, снижения аккумуляции радионуклидов и нитратов. Применяется для замачивания семян на 2 часа. Расход препарата 0,25 мл на 2л воды на 1 кг. Для мелких хозяйств 1-2 капли из пипетки на 100 мл воды. Показано, что обработка семян огурца ЭБ повышает энергию прорастания и всхожесть на 19 %. Опрыскивание растений в фазе 2-3 настоящих листьев стимулирует рост стебля, увеличивает поверхность листьев, приближает начало плодоношения. Обработка растений в фазе начала цветения увеличивает количество женских цветков и ранний урожай на 24 – 37 %, общий урожай на 16-22 %. Обработка эпибрассинолидом повышает как холодо-, так и теплоустойчивость листьев огурца. При опрыскивании вегетирующих растений в фазе бутонизации наблюдается снижение степени пораженности псевдопероноспорозом, увеличение содержания общих сахаров на 11 %, витамина С – на 31 % [69-71].

На перце защищенного грунта применяется в качестве средства повышения посевных качеств семян, усиления защитных свойств к неблагоприятным условиям внешней среды (низкие температуры, отсутствие влаги), увеличения количества

завязей, повышения урожая, повышения устойчивости к заболеваниям, снижения аккумуляции радионуклидов и нитратов. Применяется для замачивания семян на 2 часа. Расход препарата 0,1 мл на 2 л воды на 1 кг. Для мелких хозяйств для замачивания семян - 1 капля из пипетки на 100-200 мл воды. Опрыскивание в фазу начала бутонизации и повторно в фазу цветения. Расход препарата 50 мл на 300-400 л воды на 1 га или 0,5 мл на 4 л воды на 100 м². Показано улучшение посевных качеств семян при замачивании, улучшение роста и развития растений, повышение устойчивости к недостатку влаги и низким температурам. Сбор урожая с одного растения увеличивается на 49 % [72 - 73].

На яровой пшенице и ячмене применяется в качестве средства повышения энергии прорастания семян, всхожести, стимулирования иммунной системы, повышения устойчивости к возбудителю сетчатой пятнистости (*Helminthosporium teres* Sacc.) и возбудителю корневой гнили (*Helminthosporium sativum* Pam.), снижения содержания радионуклидов, повышения засухоустойчивости, урожайности, увеличения содержания белка и клейковины, биологической ценности зерна. Ячмень яровой. Опрыскивание посевов в фазе кущения-начала выхода в трубку. Расход препарата 20-40 мл на 300-400 л воды на 1 га посевов. Опрыскивание посевов в фазе кущения-начала выхода в трубку. Расход препарата 20 мл на 300-400 л воды на 1 га посевов. При применении отмечено повышение урожайности ячменя на 11-18%, снижение степени поражения растений корневыми гнилями и листовыми болезнями на 20 % и более в сравнении с контролем без обработки, а также в сравнении с обработкой байлетоном и байтаном. Протравливание семенного материала ячменя ярового и пшеницы яровой ЭБ снижало уровень семенной инфекции на 19-50 %, зараженность проростков корневыми гнилями на 50-60 %, пораженность вегетирующих растений различными грибными болезнями на 50% и более, что позволило увеличить урожай зерна на 10,5-27 %. Более высокий эффект получен при двукратной обработке: обработка семян и обработка растений в фазе колошения, или обработка растений в фазе трубкования и колошения. Изменяется в лучшую сторону структура урожая за счет лучшей выполненности зерна, увеличивается содержание аминокислот, в т.ч. незаменимых, белка и клейковины. Отмечено

уменьшение длины стебля и повышение прочности стебля зерновых культур [74-82].

Применяется на сахарной свекле в качестве средства повышения посевных качеств семян, повышения урожайности корнеплодов, их сахаристости, технологических свойств, увеличения выхода белого сахара, снижения аккумуляции нитратов, радионуклидов. При инкрустации семян расход препарата 15-40 мл на 10-15 л воды на 1 т. Опрыскивание в фазе 2-3 настоящих листьев или в фазе начала смыкания рядков. Расход препарата 80-100 мл/300 л воды/га. Инкрустация семян и дальнейшее опрыскивание всходов в фазе начала смыкания рядков дает улучшение развития корневой системы, увеличение ассимиляционной поверхности листьев. Повышение урожая корнеплодов на 11-14 %, увеличение их сахаристости, увеличение выхода сахара с единицы площади, а также уменьшение поражаемости церкоспорозом [83-86].

Используется в качестве средства повышения посевных качеств семян капусты, повышения урожайности, ускорения созревания кочанов и улучшения их качества, повышения устойчивости к болезням. Применяется для замачивания семян на 18-24 часа. Расход препарата 0,4 мл на 2 л воды на 1 кг. Опрыскивание растений через две недели после высадки рассады в грунт, затем в фазе завязывания кочана и через 20-25 дней после второй обработки. Расход препарата 100 мл на 400-500 л воды на 1 га. Для мелких хозяйств: для замачивания семян - 2 капли из пипетки на 100 мл воды. Для опрыскивания через две недели после высадки рассады в грунт, затем в фазу завязывания кочана и через 20-25 дней после второй обработки - 1 мл на 5 л воды на 100м². При замачивании семян капусты белокочанной повышается энергия прорастания семян, увеличивается полевая всхожесть, количество растений на 1 м², высота растений, ассимиляционная площадь листьев, корневая система, снижается пораженность рассады черной ножкой, выход здоровой рассады с 1м² увеличивается на 11,3 %. Стимулирующее действие препарата наблюдается далее в период роста рассады, выращенной из обработанных семян. Опрыскивание растений через 10-12 дней после высадки рассады, затем в фазе начала завязывания кочана и через 20-25 дней после второго

опрыскивания приводило к увеличению размера и массы кочана, к повышению урожая на 12 % [87- 94].

При замачивании семян моркови с ЭБ наблюдается улучшение их посевных качеств: повышение энергии прорастания и полевой всхожести, стимуляция роста растений, снижение пораженности фитопатогенами. Последующее опрыскивание растений приводит к увеличению размера корнеплодов, уменьшению их пораженности черной гнилью, улучшению товарного вида, увеличению урожайности на 12,9 % [95-99].

Апробирован ЭБ в качестве средства повышения урожайности семян и на льносоломе, улучшения качества семян и технических характеристик льноволокна. Опрыскивание растений в фазе начала бутонизации. Расход препарата 80-100 мл/400 л воды/га. Обработка ЭБ посевов льна в фазе бутонизации дает повышение урожайности льносоломы до 38% и льносемян до 16 %, улучшение технических характеристик льноволокна (увеличение длины, прочности, гибкости, номера) [100].

На цветочно-декоративных культурах ЭБ исследовали на гладиолусах, розах, тюльпанах.

Возможно введение ЭБ в технологическую схему для совместного применения с другими препаратами при условии недопущения щелочной реакции рабочих растворов. Имеется опыт совместного применения с препаратом арцерид на посадках картофеля, когда совместное применение эпибрассинолида с арцеридом повышало эффективность последнего и позволяло снизить его дозу и кратность обработок. Установлена высокая эффективность ЭБ при совместном применении с пестицидами, используемыми для протравливания семенного материала и обработки растений ячменя и пшеницы для защиты от грибных болезней. Совместное применение позволяет снизить норму расхода пестицида в два раза [101].

Показана целесообразность совместного применения ЭБ и инсектицидов (карате и базудина) на посевах люцерны и гороха, часто повреждаемых насекомыми. ЭБ и инсектицид были применены в одной обработке в рекомендованных для каждого препарата дозах. Прибавка урожая была выше, чем при отдельном применении, а в некоторых случаях выше, чем их сумма.

После обработки ЭБ растений риса отмечается повышение их устойчивости к действию гербицидов. Опрыскивание посевов водным раствором ЭБ можно применять в общих баковых смесях с пестицидами для борьбы с вредителями и болезнями, а также совместно с жидкими азотными удобрениями [102 - 105].

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЭПИБРАССИНОЛИДА И ГОМОБРАССИНОЛИДА НА КУЛЬТУРЕ ТЮЛЬПАНОВ

В качестве объектов были использованы тюльпаны 9 сортов 4 садовых классов, данные сорта обладают рядом отличительных особенностей:

- 1) большинство сортов имеют пеструю окраску листьев, часто с яркими и широкими продольными полосками;
- 2) крупной изящной бокаловидной формы цветков ярких чистых окрасок;
- 3) раннее цветение, в условиях города Минска;
- 4) повышенная устойчивость к вирусу пестролепестности.

Основными критериями отбора исследуемых сортов являлись: новизна сорта в коллекции, небольшой коэффициент размножения и низкая устойчивость к заболеваниям.

Опыт был поставлен в 7 вариантах: *контроль* – вариант 1, *регулятор роста ЭБ* (эпибрассинолид) -10^{-5} – вариант 2, *регулятор роста ЭБ* -10^{-7} – вариант 3, *регулятор роста ГБ* (гомобрассинолид) -10^{-5} – вариант 4, *регулятор роста ГБ* -10^{-9} – вариант 5, *регулятор роста - ГБ* -10^{-7} – вариант 6, *регулятор роста ГБ* -10^{-9} – вариант 7. Каждый вариант имел по 10 растений в 4-х кратной повторности (таблица 1).

Уход за растениями проводился по стандартным правилам агротехники выращивания тюльпанов: подкормка минеральными удобрениями, прополка и рыхление верхнего слоя почвы, выкопка в конце вегетации.

Исходя из схемы: ЭБ, ГБ, находились в виде растворов, вещества разводили дистиллированной водой, доводя до 1 литра каждый экспериментальный препарат. При обработке каждого из вариантов, соседние отделялись защитными экранами (1 м^2 рамки

с целлофаном) во избежание попадания препарата на соседние растения.

Растения обрабатывались методом опрыскивания, до стекания первой капли с листа, по методике С.П. Потапова. Для обработки использовался разбрызгиватель ручной V =1000 мл. Во всех вариантах опыта контроль обрабатывался дистиллированной водой. Все обработки проходили в раннее время суток, 9-10 часов утра при температуре воздуха не более 23°C.

Тюльпаны обрабатывали после отрастания вегетативной части растения (1-2 листьев), в течение периода вегетации, 3-х кратная обработка с интервалом 2 недели, а так же обрабатывались генеративные побеги – цветоносы в стадии начала бутонизации.

Таблица 1 – Схема мелкоделяночного полевого опыта на культуре тюльпанов в период 2006-2009 гг.

№	Название сорта	Класс	Вариант	Кол-во повторности	Кол-во растений в вариантах	Регулятор роста
1.	Kauliget	Дарвиновы гибриды	1 2	4	10 40	Контроль ЭБ 10 ⁻⁵
2.	Fringed Apeldoorn	Бахромчатые	1 3	4	10 40	Контроль ЭБ 10 ⁻⁷
3.	Miranda	Махровые поздние	1 3	4	10 40	Контроль ЭБ 10 ⁻⁷
4.	Bienvenue	Дарвиновы гибриды	1 4	4	10 40	Контроль ГБ 10 ⁻⁹
5.	Lefeber's Memory	Дарвиновы гибриды	1 6	4	10 40	Контроль ЭБ 10 ⁻⁹
6.	Olympiada – 80	Дарвиновы гибриды	1 6	4	10 40	контроль ГБ 10 ⁻⁷
7.	Lelde	Дарвиновы гибриды	1 7	4	10 40	контроль ЭБ 10 ⁻⁷
8.	Purissima	Т. Фостера	1 6	4	10 40	контроль ГБ 10 ⁻⁷
9.	Ognik	Т. Фостера	1 7	4	10 40	контроль ГБ 10 ⁻⁹

Параметры снимались в фенофазе «цветение» (50% от общего количества). Снимались пять параметров вегетативной части растения: длина верхнего листа (Длин. В.Л.), ширина верхнего листа (Шир.В.Л.), длина нижнего листа (Длин. Н.Л.), ширина нижнего листа (Шир.Н.Л.), высота растения (Выс. раст.), и один параметр генеративной части – высота бокала цветка (Выс. бокала). Результаты исследований представлены и систематизированы в таблице 2.

При исследовании сорта *Kauliget* достоверных различий не наблюдается ни с одним из морфометрических параметров.

У сорта *Fringed Apeldoorn* по параметру высоты растения контроль меньше опытных растений на 40,4%, по остальным измерениям достоверных различий не наблюдается ($p < 0,05$) (рисунок 3).

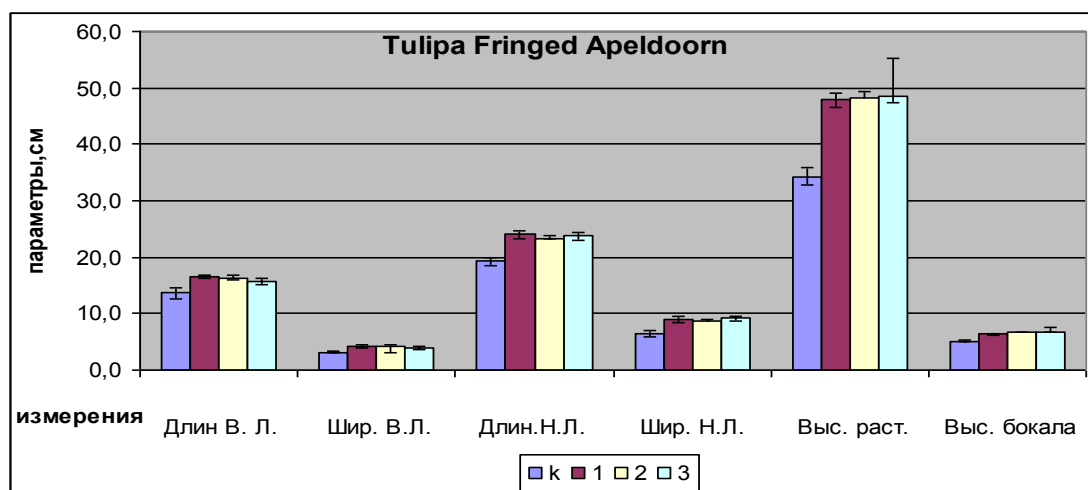


Рисунок 3 – Влияние ЭБ 10^{-7} на морфометрические параметры сорта *Fringed Apeldoorn*

Анализируя полученные данные по сорту *Miranda*, достоверны различия по параметрам длины нижнего листа и высоты растения (рисунок 4). Длина нижнего листа после обработки ЭБ 10^{-7} увеличивается на 18,7 %, а высота растения на 31,9%.

Таблица 2 – Изменение морфометрических параметров тюльпанов при влиянии брассиностероидов

Название сорта	Препарат	Вариант	Длин.В. листа, см	Шир.В. листа, см	Длин.Н. листа, см	Шир.Н. листа, см	Высота растения, см	Высота бокала, см
Kauliget	ЭБ 10^{-5}	контроль	13,10±0,32	3,27±0,07	19,20±0,60	7,73±0,27	43,47±0,74	5,80±0,18
		опыт	12,88±0,19	3,00±0,11	18,76±0,27	7,77±0,13	42,94±0,35	5,69±0,08
Fringed Apeldoorn	ЭБ 10^{-7}	контроль	13,60±0,88	3,20±0,19	19,30±0,72	6,45±0,44	34,30±1,51	5,05±0,14
		опыт	16,13±0,30	4,13±0,07	23,73±0,36	8,97±0,22	48,17±0,55	6,57±0,07
Miranda	ЭБ 10^{-7}	контроль	12,31±0,33	2,81±0,17	17,88±0,31	6,63±0,16	33,25±1,71	4,00±0,17
		опыт	13,73±0,18	3,82±0,05	21,23±0,27	8,08±0,03	43,87±0,19	5,58±0,06
Lefebers Memory	ЭБ 10^{-9}	контроль	15,15±0,80	3,50±0,22	23,20±0,76	7,05±0,40	42,85±1,93	5,85±0,27
		опыт	17,87±0,40	4,60±0,15	23,98±0,40	7,60±0,17	43,93±1,14	6,27±0,11
Olympiada - 80	ГБ 10^{-7}	контроль	13,28±0,20	3,17±0,08	21,11±0,37	7,33±0,21	41,44±0,69	6,17±0,08
		опыт	16,03±0,37	4,18±0,14	23,03±0,39	9,27±0,17	50,92±1,21	7,65±0,07
Lelde	ГБ 10^{-7}	контроль	12,57±0,53	3,43±0,17	19,93±0,57	7,83±0,39	37,47±1,17	6,17±0,19
		опыт	16,18±0,37	5,12±0,21	23,87±0,57	11,05±0,30	47,48±0,81	8,05±0,15
Purissima	ГБ 10^{-7}	контроль	11,30±0,33	2,10±0,07	19,40±0,16	7,00±0,07	33,55±0,38	5,60±0,21
		опыт	13,13±0,14	2,95±0,04	22,03±0,21	8,17±0,11	36,07±0,43	6,73±0,12
Ognik	ГБ 10^{-9}	контроль	10,33±0,50	3,44±0,39	19,11±0,37	9,00±0,43	30,44±0,48	8,28±0,14
		опыт	13,35±0,36	4,17±0,19	21,15±0,35	12,35±0,20	35,63±0,30	9,07±0,11
Bienvenue	ГБ 10^{-9}	контроль	13,36±0,44	3,00±0,18	20,50±0,45	7,18±0,29	40,68±1,11	5,21±0,18
		опыт	15,82±0,34	4,05±0,11	24,60±0,29	9,80±0,30	51,33±0,54	6,87±0,09

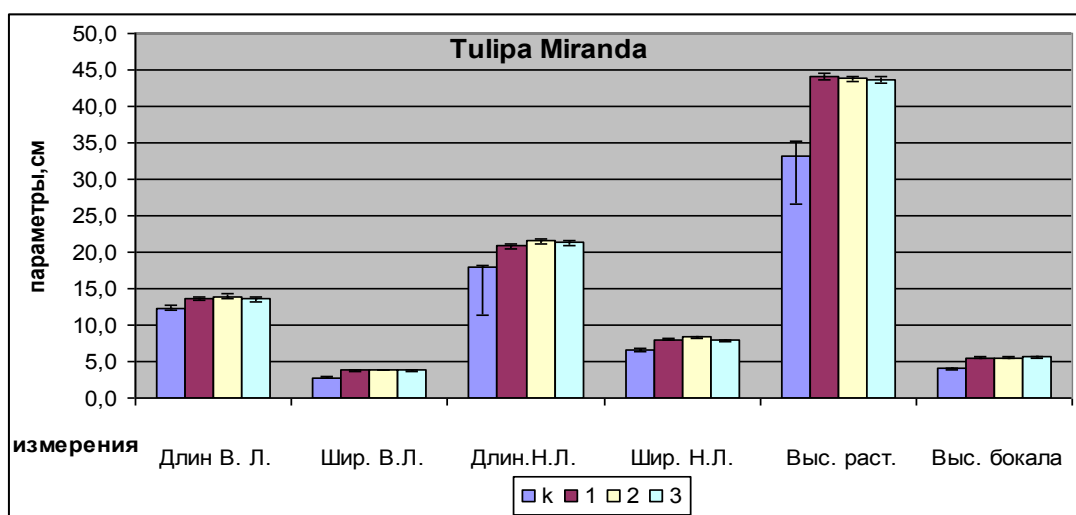


Рисунок 4 – Влияние ЭБ 10^7 на морфометрические параметры сорта *Miranda*

Проанализировав сорт *Bienvenue* по трем параметрам из шести видно превосходство обработанных вариантов над контролем (рисунок 5). Особенно нужно отметить параметр высоты растения, где физиологический эффект наиболее интенсивен (на 26,2%).

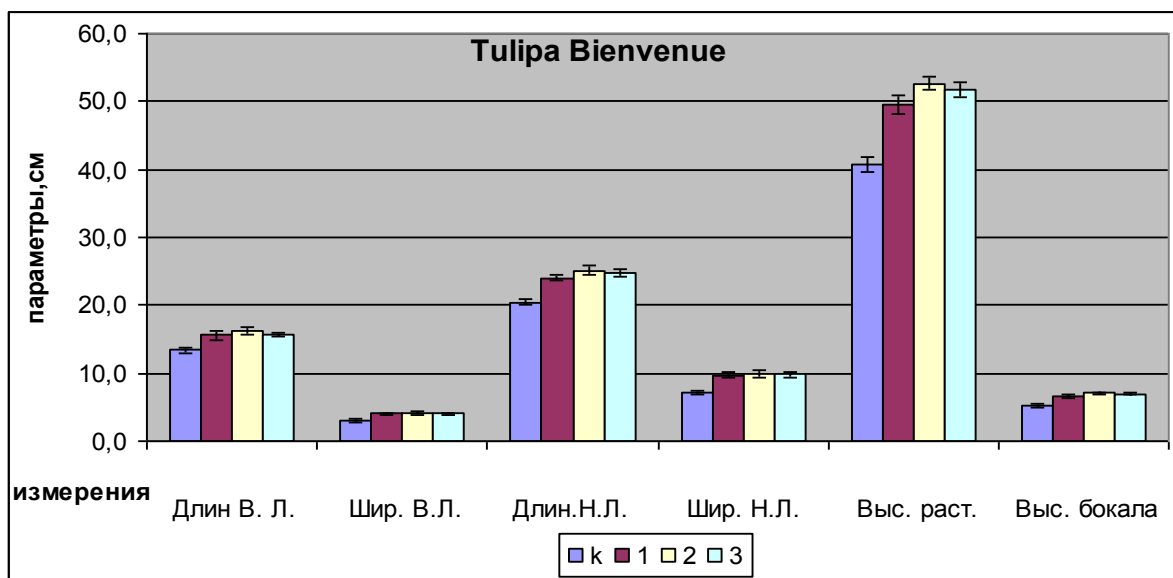


Рисунок 5 – Влияние ГБ 10^9 на морфометрические параметры сорта *Bienvenue*

Из шести параметров у сорта *Lefebber's Memory* только по длине верхнего листа контроль достоверно меньше обработанных вариантов на 18,0% (рисунок 6).

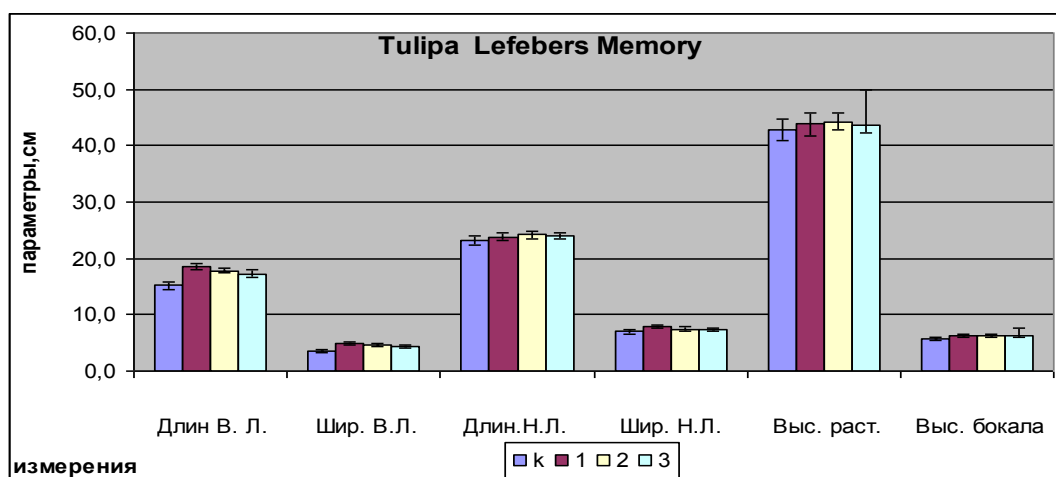


Рисунок 6 – Влияние ЭБ 10^9 на морфометрические параметры сорта Lefebver's Memory

По сорту *Olympiada-80* (рисунок 7) контроль достоверно отличается в сторону понижения в измерениях длины верхнего листа (на 20,7%) и высоты растения (22,9%), по остальным параметрам растения представляют собой одну совокупность.

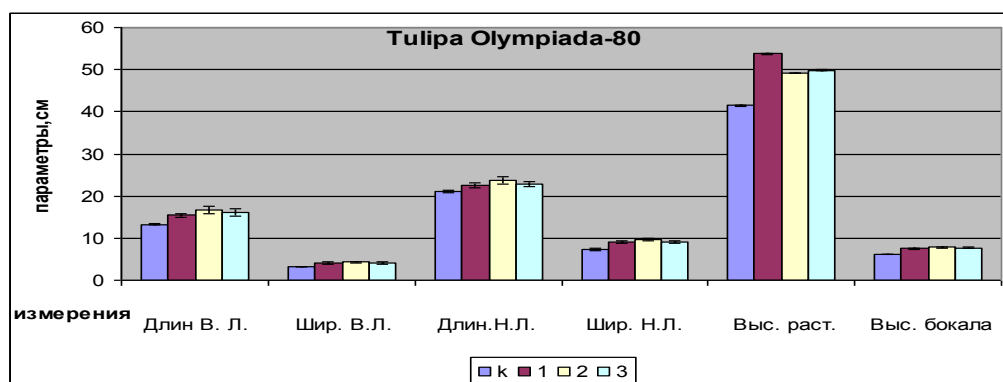


Рисунок 7 – Влияние ГБ 10^7 на морфометрические параметры сорта Olympiada – 80

Сравнение морфометрических параметров у сорта *Lelde* показало, что контроль достоверно меньше по длине верхнего листа (на 28,7%), длине нижнего листа (на 19,8%) и высоте растения (на 26,7%) (рисунок 8).

По всем параметрам у сорта *Purissima* достоверных различий с контролем не наблюдается.

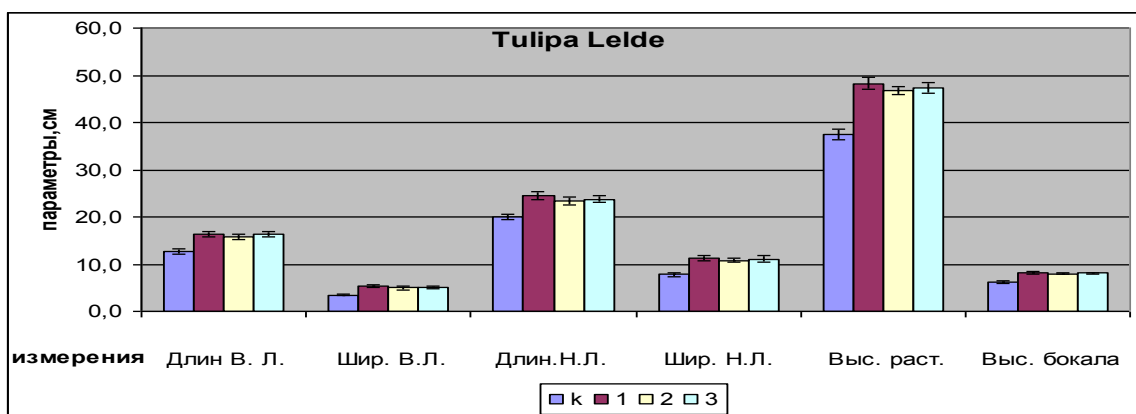


Рисунок 8 – Влияние ГБ 10^{-7} на морфометрические параметры сорта Lelde

Проведенные исследования показали следующие результаты по сорту *Ognik* (рисунок 9) – по всем параметрам контроль достоверно меньше, исключение ширина верхнего листа и высота бокала.

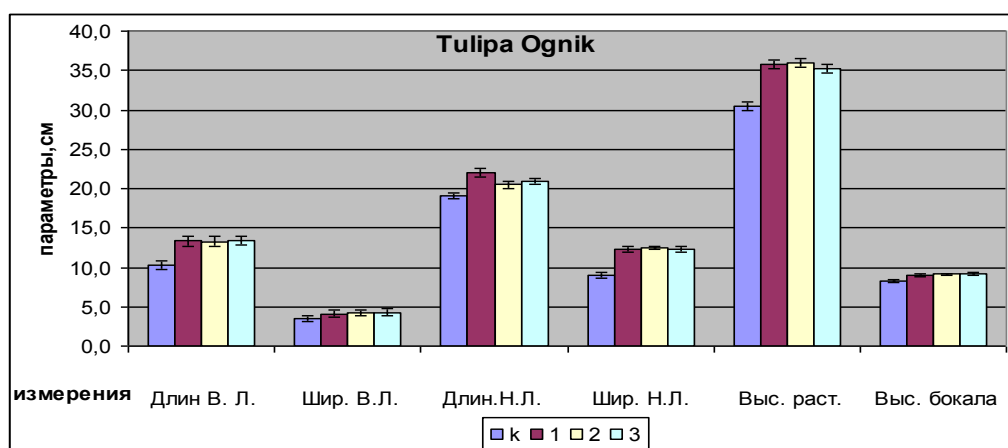


Рисунок 9 – Влияние ГБ 10^{-9} на морфометрические параметры сорта Ognik

Из графиков видно, что на тех сортах, где испытывался ГБ, достоверно более эффективная ГБ 10^{-7} (по параметру высоты растения, который является наиболее отзывчивым из всех исследуемых).

На сортах, где исследовали ЭБ, наиболее эффективная концентрация ЭБ 10^{-7} . Концентрация препарата ЭБ 10^{-5} показала отрицательный результат (сильное вытягивание побега, полегание растений во время цветения, потеря декоративности сорта) и в дальнейших опытах не использовалась.

ВЛИЯНИЕ ЭПИБРАССИНОЛИДА И ГОМОБРАССИНОЛИДА НА КУЛЬТУРУ ГИАЦИНТОВ (*HYACINTHUS L.*)

Род назван по имени греческого мифического героя Гиацинта, любимца Аполлона. Гиацинт восточный *Hyacinthus orientalis L.* – единственный вид рода Гиацинт (*Hyacinthus*) семейства Спаржевые (*Asparagaceae*) обитает в Юго-Восточной Европе, Передней и Средней Азии. Это луковичные растения с душистыми, белыми, розовыми, синими или фиолетовыми цветками, собранными в рыхлое кистевидное соцветие из 3-36 цветков на цветоносе высотой до 45 см. Гиацинты широко используются для оформления цветников весной, зимней выгонки и на срезку.

Среди мероприятий по уходу за гиацинтами особая роль отводится подкормкам (обработке гормонами).

В настоящее время в мировой садоводческой практике зарегистрировано 170 сортов гиацинтов, объединяемых в 2 группы: сорта с простыми цветками и сорта с махровыми цветками. Для определения влияния фитогормонов на рост и развитие растений исследуемой культуры было отобрано десять сортов (*Grand Maitre, Perle Brillante, Marconi, Doctor Stresemann, Arentine Arendsen, Doctor Krueger, Borah, La Victoire, Lord Balfour*),

Гиацинты обрабатывались в открытом грунте 2-хкратно с интервалом 2 недели на стадиях отрастания и начала бутонизации растений по следующей схеме: вариант 1 – контроль, дистиллированная вода; вариант 2 – водный раствор 24-эпибрассинолида (ЭБ) – ЭБ 10-7М; вариант 3 – ЭБ 10-9М; вариант 4 – 28-гомобрассинолид (ГБ) – ГБ 10-7М; вариант 5 – ГБ 10-9М.

Наилучший стимулирующий эффект проявился на пяти сортах (таблица 3).

В результате выявлены закономерности изменения морфометрических показателей растений гиацинтов разных сортов, характерные для различных концентраций брассиностероидов.

Таблица 3 – Влияние брассиностероидов на морфометрические параметры сортов гиацинтов

Название сорта	Вариант опыта	Морфометрические признаки	
		Высота цветоноса	Количество цветков
<i>Grand Maitre</i>	вариант 1 – контроль	9,55	7,20
	вариант 2	9,75	9,50
	вариант 3	10,92	9,93
	вариант 4	12,32	9,90
	вариант 5	12,75	11,25
<i>Perle Brillante</i>	вариант 1 – контроль	14,76	4,86
	вариант 2	17,39	7,44
	вариант 3	18,69	9,33
	вариант 4	18,42	13,17
	вариант 5	22,84	18,42
<i>Arentine Arendsen</i>	вариант 1 – контроль	11,79	3,88
	вариант 2	15,02	6,69
	вариант 3	16,82	7,05
	вариант 4	16,01	7,75
	вариант 5	16,92	12,15
<i>La Victoire</i>	вариант 1 – контроль	12,7	9,27
	вариант 2	14,44	12,15
	вариант 3	13,93	14,71
	вариант 4	15,90	18,75
	вариант 5	14,22	12,17
<i>Lord Balfour</i>	вариант 1 – контроль	11,42	8,10
	вариант 2	13,78	14,20
	вариант 3	17,45	14,28
	вариант 4	22,90	15,30
	вариант 5	22,94	18,30

У сорта *Grand Maitre* наилучшие показатели по высоте цветоноса (12,75) и количеству цветков (11,25) при концентрации ГБ 10^{-9} М.

У сорта *Perle Brillante* наилучшие показатели по высоте цветоноса (22,84) и количеству цветков (18,42) при концентрации ГБ 10^{-9} М.

У сорта *Arentine Arendsen* наилучшие показатели по высоте цветоноса (16,92) и количеству цветков (12,15) при концентрации ГБ 10^{-9} М.

У сорта *La Victoire* наилучшие показатели по высоте цветоноса (15,90) и количеству цветков (18,75) при концентрации ГБ 10^{-7} М.

У сорта *Lord Balfour* наилучшие показатели по высоте цветоноса (22,94) и количеству цветков (18,30) при концентрации ГБ 10^{-9} М.

Стимулирующее действие регуляторов роста в большей степени проявились по параметру высоты цветоноса и количеству цветков.

Наиболее эффективными концентрациями брассиностероидов для повышения декоративности сортов гиацинтов является гомобрассинолид 10^{-9} М.

Наилучшие результаты показал сорт *Lord Balfour*: по высоте цветоноса по сравнению с контролем увеличение длины на 101% (с 11,42 до 22,94,); по количеству цветков увеличение на 126% (с 8,10 до 18,30).

РОСТ И РАЗВИТИЕ НЕКОТОРЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СОРТА РОЗ «GREEN ICE» ПРИ ОБРАБОТКЕ БРАССИНОСТЕРОИДАМИ

Для определения влияния физиологически активных веществ на рост и развитие растений была выбрана культура *Rosa*, сорт «*Green Ice*» – прекрасный сорт миниатюрной розы с нежными бело-зелеными цветками. Бутоны этого сорта розового цвета, цветок в начале цветения имеет розовые наружные лепестки, но, по мере распускания, цветок становится белым, и приобретает зеленоватый оттенок. Более эффектный цвет проявляется при

выращивании этой розы в полутени. Цветки некрупные (диаметром 2,5-3 см), плоские, густомахровые (30-40 лепестков), в старинном стиле, появляются в небольших кистях по 3-7 штук. Этот сорт был выведен американским селекционером Ральфом Муром в 1971 году. Куст розы "*Green Ice*" ветвистый, раскидистый, достигает 30-60 см в высоту и ширину. Листья сочная, темно-зеленая, блестящая. Обильно цветет ранним летом с последующими повторными волнами летом и осенью. Устойчив к мучнистой росе и черной пятнистости. Этот сорт был получен Центральным ботаническим садом НАН РБ по делектусу из ботанического сада г. Каунас в 1994 году зелеными черенками в небольшом количестве. Поэтому была необходима обработка черенков брассинолидами для сокращения сроков нахождения в закрытом грунте.

Весь эксперимент состоял из 2-х этапов (по количеству обработок). Растения обрабатывались исследуемыми веществами в виде растворов. При обработке каждого из вариантов, соседние отделялись защитными экранами (1м² рамки с целлофаном) во избежание попадания препарата на соседние растения, контроль обрабатывался дистиллированной водой. Опрыскивание растений стероидами проводили в раннее время суток (8-10 часов утра).

Комплексную оценку влияния стероидов на рост и развитие растений осуществляли по результатам морфометрических параметров, представляющих декоративную ценность для культуры роз (высота растений, диаметр цветка и количество бутонов). В результате работы, было получены следующие данные (таблица 4). Достоверные различия наблюдаются по параметру высоты побега на всех этапах опыта (рисунок 10).

Таблица 4 – Влияние 24-эпибрассинолида на некоторые морфологи-ческие параметры роз сорта «*Green Ice*»

Концентрация препарата, моль/л	Высота побега, см	Кол-во бутонов, шт	Диаметр цветка, см
контроль	5,94±0,39	5,36±0,73	2,33±0,17
ЭБ 10 ⁻⁷	11,15±1,82	7,90±0,27	3,56±0,24
ЭБ 10 ⁻⁹	12,21±0,51	8,69±0,28	3,79±0,38
ЭБ 10 ⁻¹¹	12,13±0,66	8,04±0,30	3,58±0,26

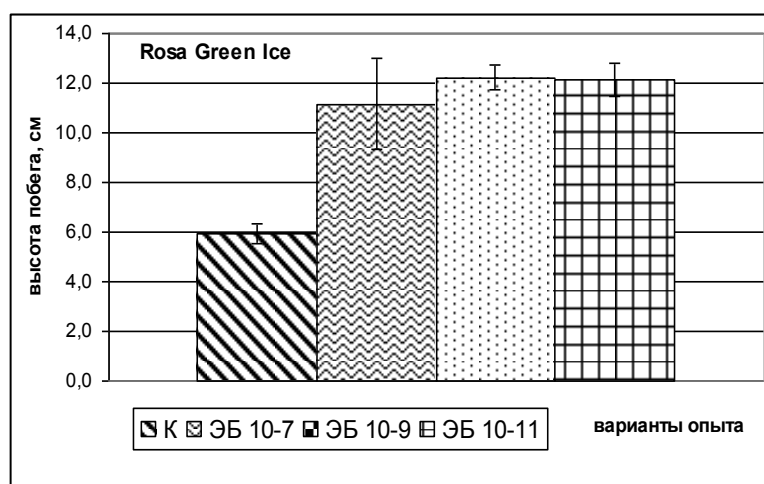


Рисунок 10 – Влияние ЭБ разных концентраций на длину побега растений *Rosa Green Ice*

Наиболее эффективной в данном сорте является концентрация ЭБ 10^{-9} . Высота побега при ЭБ 10^{-7} на 8,78% меньше, а при ЭБ 10^{-11} на 0,65% меньше, чем при обработке ЭБ 10^{-9} , контроль на 51,35%. Аналогичная ситуация наблюдается и на измерениях генеративной части растений (кол-во бутонов и диаметр цветков). Количество бутонов при ЭБ 10^{-7} на 9,00% меньше, а при ЭБ 10^{-11} на 7,47% меньше, чем при обработке ЭБ 10^{-9} , контроль на 38,31%, а диаметр цветка при ЭБ 10^{-7} на 6,07% меньше, а при ЭБ 10^{-11} на 5,54% меньше, чем при обработке ЭБ 10^{-9} , контроль на 38,52%.

Следовательно, основным показателем физиологической активности брассиностероидов на культуре роз сорта *Green Ice* является в сравнении с контрольными высота растения.

На основании результатов эксперимента можно сделать вывод, что при использовании БАВ группы брассиностероидов, преимущество на культуре роз по всем признакам имеет обработка ЭБ 10^{-9} .

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	4
Биологически активные вещества.....	5
Химическая и физиологическая характеристика 24-эпибрас- синолида.....	6
Химическая и физиологическая характеристика 28-гомо- брассинолида.....	7
Влияние биологической активности эпибрассинолида и гомобрассинолида на культуре тюльпанов.....	13
Влияние эпибрассинолида и гомобрассинолида на культуру гиацинтов (<i>Hyacinthus</i> L.).....	20
Рост и развитие некоторых морфологических параметров сорта роз « <i>Green Ice</i> » при обработке брассиностероидами...	22
Литература.....	26

ЛИТЕРАТУРА

1. Khripach, V.A. Brassinosteroids. A new class of plant hormones / V.A. Khripach, V.N. Zhabinskii, A. de Groot // Academic Press, San Diego – 1999. – PP. 456.
2. Sakurai, A. Brassinosteroids: Steroidal Plant Hormones / A. Sakurai, T. Yokota, S. Clouse // Springer, Berlin. – 1999. – PP. 253.
3. Хрипач, В.А. Брассиностероиды / В.А. Хрипач, Ф.А. Лахвич, В.Н. Жабинский // Минск: Навука и тэхніка. – 1993. – 286 С.
4. Cutler, H. Brassinosteroids: Chemistry, Bioactivity and Applications / H. Cutler, T. Yokota, G. Adam // ACS Symposium Series 474, American Chemical Society: Washington, D.C. – 1991.
5. Mandava, N.B. Plant Growth-Promoting Brassinosteroids / N.B. Mandava // Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1988. – Vol. 39. – P. 23–52.
6. Haubrick, L.L. Brassinosteroids and plant function: some clues, more puzzles / L.L. Haubrick, // Plant, Cell & Environment. – 2006. – Vol. 29, №3. – P. 446–457.
7. Altman, T. Recent advances in brassinosteroid molecular genetics / T. Altman // Current Opinions in Plant Biology. – 1998. – Vol. 5. – P. 378–383.
8. Yang, G. Microarray and proteomic analysis of brassinosteroid- and gibberellins-regulated gene and protein expression in rice / G. Yang, S. Komatsu // Genomics Proteomics Bioinformatics. – 2004. – Vol. 2. – P. 77–83.
9. Wang, Z.-Y. Brassinosteroid signal transduction – choices of signals and receptors / Z.-Y. Wang, J.-H. He // Trends in Plant Science. – 2004. – Vol. 9. – P. 91–96.
10. Temmem, O. Toward a total synthesis of brassinosteroids; stereoselective generation of the hydrindane ring system / O. Temmem, T. Zoller, D. Uguen // Tetrahedron Letters. – 2002. – Vol. 43, № 17. – P. 3181–3184.
11. Temmem, O. Toward a total synthesis of brassinosteroids; structure assessment of the Ireland–Claisen products of geranyl

- and neryl esters / O.Temmem, D. Uguen, A. De Cian // *Tetrahedron Lett.* – 2002. – Vol. 43, № 17. – P. 3169–3173.
- 12.** Temmem, O. Efficient dehydrocyanation of hindered 1-substituted olefins / O. Temmem, D. Uguen, A. De Cian // *Tetrahedron Lett.* – 2002. – Vol. 43, № 17. – P. 3175–3179.
- 13.** Watanabe, B. A simple synthesis of 6-deoxoteasterone and its 20-epimer / B. Watanabe, S. Yamamoto, K. Sasaki // *Tetrahedron Lett.* – 2004. – Vol. 45, № 13. – P. 2767–2769.
- 14.** Mikami, K. A unified approach to (22*S*)- or (22*R*)-hydroxy steroid side chain: Lewis acid-promoted carbonyl-ene reaction with α -alkoxyaldehydes / K. Mikami, H. Kishino, T. Loh // *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* – 1994. – № 4. – P. 495–496.
- 15.** Mikami, K. Lactol-ene reactions : an efficient access to the synthesis of 22*R*, 25-dihydroxy steroid side chains / K. Mikami, H. Kishino, H. Matsueda // *Synlett.* – 1993. – № 7. – P. 497–498.
- 16.** Mikami, K. Ene approach for concurrent control over the chiral centres at C-20 and C-22 of steroid side chains: a highly stereocontrolled synthesis of (20*S*,22*R*)-(erythro-)22-hydroxy-23,24-acetylenic steroid side chains / K. Mikami, T. Loh, T. Nakai // *J. Chem. Soc., Chem. Commun.* – 1988. – № 21. – P. 1430–1431.
- 17.** Mikami, K. Diastereocontrol via Lewis acid-promoted ene reaction with glyoxylates and its application to stereocontrolled synthesis of a 22*R*-hydroxy-23-carboxylate steroid side chain / K. Mikami, T. Loh, T. Nakai // *Tetrahedron Lett.* – 1988. – Vol. 29, № 48. – P. 6305–6308.
- 18.** Dauben, W.G. Stereocontrolled Synthesis of Steroidal Side Chains / W.G. Dauben, T.J. Brookhart // *J. Am. Chem. Soc.* – 1981. – Vol. 103, № 5. – P. 237–238.
- 19.** Guo, C. The first synthesis of the aglycone of the potent anti-tumor steroidal saponin OSW-1 / C. Guo, P.L. Fuchs // *Tetrahedron Lett.* – 1998. – Vol. 39, № 10. – P. 1099–1102.
- 20.** Houston, T.A. Stereoselective Construction of 22-Oxygenated Steroid Side Chains by Dimethylaluminum Chloride-Mediated Ene Reactions of Aldehydes / T.A. Houston, Y. Tanaka, M.J. Koreeda // *J. Org. Chem.* – 1993. – Vol. 58. – P. 4287–4292.

21. Dauben, W.G. Stereocontrolled Synthesis of 205 Steroidal Side Chain / W.G. Dauben, T.J. Brookhart // J. Org. Chem. – 1982. – Vol. 47, № 20 – P. 3921–3923.
22. Stereoselective Synthesis of the C-8 to C-15 Moiety of Erythronolide A / S. Hoagland [et al.] // J. Org. Chem. – 1988. – Vol. 53, № 20 – P. 4730–4735.
23. Peng L. Novel construction of the brassinolide side chain / L. Peng, H. Liu, T. Zhang // Tetrahedron Letters. – 2003. – Vol. 44, № 27 – P. 5107–5108.
24. Peng L. A concise and stereoselective synthesis of the brassinolide and related compounds' side chains / L. Peng, Y. Li, W.Z. Li // Tetrahedron Letters. – 2003. – Vol. 44, № 20 – P. 3991–3993.
25. Kozikowski, A.P. Stereoselective Synthesis of Brassinolide: A Plant Growth Promoting Steroidal Lactone / A.P. Kozikowski, R.J. Schmiesing, K.L. Sorgi // J. Am. Chem. Soc. – 1980. – Vol. 102, № 21. – P. 6580–6581.
26. Peng L. Studies on the Model Synthesis of the Brassinolide and Dolicholide Side Chains / L. Peng, F.Z. Zhang, T.S. Mei // Chinese Chemical Letters. – 2003. – Vol. 14, № 9. – P. 889–902.
27. Identification of a new brassinosteroid cathasterone, in cultured cells of *Catharanthus roseus* as a new biosynthetic precursor of teasterone. / S. Fujioka [et al.] // Biosci. Biotechnol. Biochem. – 1995. – Vol. 59, № 8. – P. 1543–1547.
28. Mei, T.S. A Concise and Stereoselective Synthesis of the Cathasterone's Side Chain / T.S. Mei, L. Peng, T. Zhang // Chinese Chemical Letters. – 2004. – Vol. 15, № 7. – P. 762–764.
29. [3,3]-Claisen rearrangements in 24 α -methyl steroid synthesis. Application to campesterol, crinosterol, and Δ^{25} -crinosterol side chain construction / V.A. Khripach [et al.] // Steroids. – 2002. – Vol. 67, № 7. – P. 597–603.
30. Jones, P.J. Cholesterol lowering efficacy of a sitostanol-containing phytosterol mixture with a prudent diet in hyperlipidemic men / P.J. Jones, F.Y. Ntanios, M. Raeini-Sarjaz // Am. J. Clin. Nutr. – 1999. – Vol. 69. – P. 1144–1150.
31. Synthesis and biological activity of 26-norbrassinolide, 26-norcastasterone and 26-nor-6-deoxocastasterone / T. Watanabe [et al.] // Phytochemistry. – 2001. – Vol. 58. – P. 343–349.

32. Improved synthesis of castasterone and brassinolide / T. Watanabe [et al.] // J. Chem. Res. (S). – 1997. – P. 360–361.
33. Brassinolide and [26, 28-2H6]brassinolide are differently demethylated by loss of C-26 and C-28, respectively, in *Marchantia polymorpha* / T.-W. Kim [et al.] // Plant Cell Physiol. – 2000. – Vol. 41, № 10. – P. 1171–1174.
34. Yamamoto, S. / Synthesis of 26,27-bisnorcastasterone analogs and analysis of conformation–activity relationship for brassinolide-like activity // S. Yamamoto, B. Watanabe, J. Otsuki // Bioorganic & Medicinal Chemistry. – 2006. – Vol. 14, № 6. – P. 1761–1770.
35. Identification of Brassinosteroids with Epimerized Substituents and/or the 23-Oxo Group in Pollen and Anthers of Japanese Cedar / T. Yokota [et al.] // Biosci. Biotechnol. Biochem. – 1998. – Vol. 62. – P. 526.
36. Watanabe, T. Cryptolide, a new brassinolide catabolite with a 23-oxo group from *Japanese cedar* pollen/anther and its synthesis / T. Watanabe, T. Yokota, K. Shibata // J. Chem. Research (S). – 2000. – P. 18–19.
37. Synthesis of 2,24-diepicasterone and 3,24-diepicasterone as potential brassinosteroid metabolites of the cockroach *Periplaneta Americana* / B. Voigt [et al.] // Collect. Czech. Chem. Commun. – 2002. – Vol. 67, № 1. – P. 91–102.
38. Synthesis of secasterone and further epimeric 2,3-epoxybrassinosteroids / B. Voigt [et al.] // Chem. Soc. Perkin Trans. – 1995. – Vol. 1, № 12. – P. 1495–1498.
39. Drosihn, S. Conformational studies of two new brassinosteroid analogues with a 22,23-trans diol function / S. Drosihn, A. Porzel, B. Voigt // J. Chem. Soc., Perkin Trans. – 1999. – Vol. 2, № 3. – P. 233–238.
40. Синтез 6-дезоксо-24-эпитеастерона и его аналогов / Р.П. Литвиновская [и др.] // Журнал органической химии. – 2006. – Т. 42, № 9. – С. 1344–1351.
41. Massey, A.P. New Route for the Synthesis of (22S,23S)-28-Homobrassinolide / A.P. Massey, V.S. Pore, B.G. Hazra // Synthesis. – 2003. – № 3. – P. 426–430.
42. Thompson, M. J. Synthesis of brassinosteroids and relationship of structure to plant growth-promoting effects / M.J.

Thompson, W. J. Meudt, N.B. Mandava // Steroids. – 1982. – Vol. 39, № 1 – P. 89–105.

43. Brosa, C. Biological Effects of Brassinosteroids / C. Brosa // Critical Review in Biochemistry and Molecular Biology. – 1999. – Vol. 34, № 5. – P. 339-358.

44. Hazra, B. G. New Synthesis of 28-Homobrassinolide from Stigmasterol / B.G.Harza, T. P. Kumar, P.L. Joshi // Liebigs Ann.Chem. – 1997. – P. 1029-1034.

45. Brosa, C. A New Efficient Procedure for the Reduction of Δ^7 Ergostane Derivatives / C. Brosa, C. Rodrigues-Santamarta // Tetrahedron. – 1999. – Vol. 55. – P. 1793-1798.

46. Brosa, C. The cathodic reduction of activated olefins. Experimental conditions allowing the specific hydrogenation of the enone derived from ergosterol / C. Brosa, C. Rodriguez-Santamarta, J. F. Pilard // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2001. – Vol. 3, № 13. – P. 2655-2661.

47. Suzuki, H. Conversion of 24-methylcholesterol to 6-oxo-24-methylcholestanol, a putative intermediate of the biosynthesis of brassinosteroids, in cultured cells of *Catharanthus Roseus* / H. Suzuki, T. Inoue, S. Fujioka // Phytochemistry. – 1995. – Vol. 40. – P. 1391–1397.

48. Fujioka, S. Identification of a new brassinosteroid, cathasterone, in cultured cells of *Catharanthus roseus* as a biosynthetic precursor to teasterone / S. Fujioka, T. Inoue, S. Takatsuto // Biosci Biotech Biochem. – 1995. – Vol. 59. – P. 1543–1547.

49. Seto, H. A general approach to synthesis of labelled brassinosteroids: preparation of [25,26,27-H-2(7)]brassinolide with 60% isotopic purity from the parent brassinolide / H. Seto, S. Fujioka, H. Koshino // Tetrahedron Lett. – 1998. – Vol. 39, № 41. – P. 7525–7528.

50. Takatsuto, S. Synthesis of deuterio-labelled 24-methylenecholesterol and related steroids / S. Takatsuto, C. Gotoh, T. Noguchi // J Chem Res (S). – 1998. – № 4. – P. 206–207.

51. Suzuki, H. Biosynthesis of brassinolide from teasterone *via* typhasterol and castasterone in cultured cells of *Catharanthus*

roseus / H. Suzuki, S. Fujioka, S. Takatsuto // J. Plant Growth Regul. – 1994. – Vol. 13, № 1. – P. 21–26.

52. Antonchick, A.P. Synthesis of [26,27- $2H^6$]brassinosteroids from 23,24-bisnorcholeic acid methyl ester / A.P. Antonchick, B. Schneider, V.N. Zhabinskii // Steroids. – 2004. – Vol. 69, № 10. – P. 617–628.

53. Khripach, V.A. Synthesis of hexadeuterated 23-dehydroxybrassinosteroids / V.A. Khripach, V.N. Zhabinskii, A.P. Antonchick // Steroids. – 2002. – Vol. 67, № 13. – P. 1101–1108.

54. Lee, G.H. An efficient Julia olefination mediated by magnesium in ethanol / G.H. Lee, E.B. Choi, B.T. Kim // Tetrahedron Lett. – 1995. – Vol. 36, № 31. – P. 5607–5608.

55. Analysis of underivatized brassinosteroids by HPLC/ACPI-MS. Occurrence of 3-epibrassinolide in Arabidopsisthaliana / O.V. Konstantinova [et al.] // Collect. Czech Chem. Commun. – 2001. – Vol. 66, № 12. – P. 1729–1734.

56. Antonchick, A.P. Biosynthesis of 2,3-epoxybrassinosteroids in seedlings of *Secale cereale* / A.P. Antonchick, B. Schneider, V.N. Zhabinskii // Phytochemistry. – 2003. – Vol. 63, № 7. – P. 771–776.

57. Khripach, V.A. Synthesis of [26- $2H^3$]brassinosteroids / V.A. Khripach, V.N. Zhabinskii, O. V. Konstantinova // Steroids. – 2002. – Vol. 67, № 7. – P. 587–595.

58. Kolbe, A. / Synthesis and crystal structure of [26,27- 2H_6] 24-epi-cathasterone / A. Kolbe, P. Fuchs, A. Porzel // J.Chem.Soc.,Perkin Trans. – 2002. – Vol. 1, № 17. – P. 2022–2027.

59. A new synthesis of [26,28- 2H_6]brassinolide and [26,28- 2H_6]castasterone via an unusual methyl migration A. Kolbe [et al.] // J. Label Comp. Radiopharm. – 2003. – Vol. 46. – P. 231–242.

60. Crandall, J.K. Allenes by Lithium Aluminum Hydride Reduction of Propargyl Derivatives / J.K. Crandall, D.J. Keyton, J. Kohne // J. Org. Chem. – 1968. – Vol. 33, № 9. – P. 3655–3657.

61. Back, T.G. Synthesis of a Novel Azidocasterone Derivative as a Potential Photoaffinity Label for the

Brassinosteroid Receptor / T.G. Back, K. Minksztyrn // Synlett. – 1999. – № 2. – P. 201–203.

62. Back, T. G. Concise, improved procedure for the synthesis of brassinolide and some novel side-chain analogues / T.G. Back, D.L. Baron, W. Luo // J. Org.Chem. – 1997. – Vol. 62, № 4. – P. 1179.

63. Brosa, C. New brassinosteroid analogs having nitrogenated functionalities at C3 to provide more information about the brassinosteroid–receptor interaction // C. Brosa, M. Amoró's, M. Molist // Tetrahedron. – 2004. – Vol. 60, № 38. – P. 8529–8534.

64. Takatsuto, S. Synthesis of (22R,23R)-28-Homobrasinolide / S. Takatsuto, N. Ikekawa // Chem. Pharm. Bull. – 1982. – Vol. 30, № 11. – P. 4181–4185.

65. Back, T.G. Concise Improved Procedure for the Synthesis of Brassinolide and Some Novel Side-Chain Analogs / T.G. Back, D.L. Baron, W. Luo // J. Org. Chem. – 1997. – Vol. 62, № 4. – P. 1179.

66. Back, T. G. Synthesis and Biological Activity of 25-Methoxy-, 25-Fluoro-, and 25-Azabrasinolide and 25-Fluorocastasterone: Surprising Effects of Heteroatom Substituents at C-25 / T.G. Back, L. Janzen, S.K. Nakajima // J. Org. Chem. – 1999. – Vol. 64, № 15. – P. 5494-5498.

67. Adam, G. New developments in brassinosteroid research / G. Adam, A. Porzel, Schmidt, J. // Studies in Natural Products Chemistry. Atta-ur-Rahman, Ed. Elsevier: Amsterdam. – 1996. – Vol. 18. – P. 495-549.

68. In vitro and in vivo antiherpetic activity of three new synthetic brassinosteroid analogues / F.M. Michelinia [et al.] // Steroids. – 2004. – Vol. 69, № 11. – P. 713–720.

69. Singlet-oxygen ene reaction with 3 β -substituted stigmastanes. An alternative pathway for the classical Schenck rearrangement / M.A. Ponce [et al.] // J. Chem. Soc. Perkin. Trans. – 2000. – Vol. 2, № 15. – P. 2351–2357.

70. A novel and highly selective β -epoxidation of Δ^5 -unsaturated steroids with permanganate ion / M.S. Syamala [et al.] // J. Org. Chem. – 1992. – Vol. 57. – P. 1928–1930.

71. Galagovsky, L.R. Synthesis and bioactivity of natural and C-3 fluorinated biosynthetic precursors of 28-homobrasinolide /

L.R. Galagovsky, E.G. Gros, J.A. Ramirez // *Phytochemistry*. – 2001. – Vol. 58. – P. 973–980.

72. Jiang, B. Stereocontrolled Synthesis of the 22E,24 β (S)-Trifluoromethyl Steroidal Side Chain and Its Application to the Synthesis of Fluorinated Analogues of Naturally Occurring Sterols / B. Jiang, Y. Liu, W. Zhou // *J. Org. Chem.* – 2000. – Vol. 65, № 19. – P. 6231–6236.

73. Ikekawa, N. Structure and biological activities of vitamin D metabolites and their analogs / N. Ikekawa // *Med. Chem. Rev.* – 1987. – Vol. 7. – P. 333.

74. Stereoselective Synthesis of Trifluoromethylated Compounds with Controlled Adjacent Tertiary Carbons by Michael Addition to (E)-3(-Trifluoromethyl)acrylates / N. Shinohara [et al.] // *J. Org. Chem.* – 1995. – Vol. 60, № 14. – P. 4363–4374.

75. Zhou, W.S. The synthesis of steroids containing structural unit of a, b ring of brassinolide and ecdysone from hyodesoxycholic acid / W.S. Zhou, W.S. Tian // *Acta Chem. Sin.* – 1984. – Vol. 42. – P. 1173.

76. Ramirez, J.A. Syntheses of immunomodulating androstanes and stigmastanes: Comparison of their TNF- α inhibitory activity / J.A. Ramirez, A.C. Bruttomesso, F.M. Micheli // *Bioorganic and Medicinal Chemistry*. – 2007. – № 15. – P. 7538–7544.

77. Hellrung, B. Synthesis of new $\Delta^{5,7}$ -oxygenated and $\Delta^{5,7}$ -unsaturated brassinosteroid analogs / B. Hellrung, B. Voigt // *Steroids*. – 1997. – Vol. 62, № 5. – P. 415.

78. Galagovsky, L.R. Synthesis and bioactivity of natural and C-3 fluorinated biosynthetic precursors of 28-homobrasinolide / L.R. Galagovsky, E.G. Gross // *Phytochemistry*. – 2001. – Vol. 58, № 6. – P. 973.

79. Иммуноферментный анализ (24R)-брассиностероидов / В.А.Хрипач [и др.] // *Биоорганическая химия*. – 2007. – Т. 33, № 3. – С. 371–378.

80. Back, T.G. Synthesis of 25-Hydroxy-, 26-Hydroxy- and 25,26-Dihydroxybrassinolide / T.G. Back, S.K. Nakajima, J. Zhu // *Synlett*. – 2000. – № 11. – P. 1649–1651.

- 81.** Back, T. G. Synthesis and Biological Activity of 25-Methoxy-, 25-Fluoro-, and 25-Azabassinolide and 25-Fluorocasterone: Surprising Effects of Heteroatom Substituents at C-25 / T.G. Back, L. Janzen, S.K. Nakajima // J. Org. Chem. – 1999. – Vol. 64, № 15. – P. 5494-5498.
- 82.** Voigt, B. Regioselective oxyfunctionalization of brassinosteroids by methyl(trifluoromethyl)dioxirane: Synthesis of 25-hydroxy-brassinolide and 25-hydroxy-24-epibrassinolide by direct C-H insertion / B. Voigt, A. Porzel, D. Golsch, // Tetrahedron. – 1996. – Vol. 52, № 32. – P. 10653–10658.
- 83.** Seto, H. Synthesis and Biological Evaluation of Extra-Hydroxylated Brassinolide Analogs / H. Seto, S. Fujioka, H. Koshino // Tetrahedron. – 1999. – Vol. 55, № 28. – P.8341-8352.
- 84.** Synthesis and bioactivity of 6 α - and 6 β -hydroxy analogues of castasterone / C.Y. Gabriel [et al.] // Phytochemistry. – 2000. – Vol. 55, № 2. – P. 121-126.
- 85.** Structure-activity studies of brassinolide B-ring analogues / D.L. Baron [et al.] // Phytochemistry. – 1998. – Vol. 49, № 7. – P. 1849–1858.
- 86.** Luo, W. Bioactivity of brassinolide methyl ethers / W. Luo, L. Janzen, R.P. Pharis // Phytochemistry. – 1998. – Vol. 49, № 3. – P. 637–642.
- 87.** Back, T.G. Synthesis and bioactivity of C-2 and C-3 methyl ether derivatives of brassinolide / T.G. Back, L. Janzen, R.P. Pharis // Phytochemistry. – 2002. – Vol. 59, № 6. – P. 627–634.
- 88.** Back, T.G. Concise, improved procedure for the synthesis of brassinolide and some novel side-chain analogues / T.G. Back, D.L. Baron, W. Luo // J. Org. Chem. – 1997. – Vol. 62, № 4. – P. 1179–1182.
- 89.** Ramirez, J.A. Synthesis and bioactivity evaluation of brassinosteroid analogs / J.A. Ramirez, M. Osvaldo, T. Centurio // Steroids. – 2000. – Vol. 65, № 6. – P. 329–337.
- 90.** Syamala, M.S. A novel and highly selective b-epoxidation of D5-insaturated steroids with permanganate ion / M.S. Syamala, J. Das, S. Baskaran // J. Org. Chem. – 1992. – Vol. 57, № 6. – P. 1928 –1930.

- 91.** Lichtblau, D. Synthesis of a novel brassinosteroid type with an annelated dioxonane side chain // D. Lichtblau, A. Porzel, J. Schmidt // J. Chem. Soc., Perkin Trans. – 1999. – Vol. 1, № 1. – P. 53–57.
- 92.** Synthesis of (22S, 23S)-homobrassinolide and brassinolide from stigmasterol, M. Sakakibara / K. Mori [et al.] // Tetrahedron. – 1982. – Vol. 38, № 14. – P. 2099–2109.
- 93.** A new type of modified brassinosteroids for enzyme-linked immunosorbent assay / V. Khripach [et al.] // Natural Product Communications. – 2008. – Vol. 3, № 5. – P. 735–748.
- 94.** Rabinowitz, M.H. Biosynthetic studies of marine lipids. 39. 19-Norsterols: the course of C-19 methyl elimination. / M.H. Rabinowitz, C. Djerassi // J. Amer. Chem. Soc. – 1992. – Vol. 114, № 1. – P.304–317.
- 95.** Дроздов Ф.В. Цитотоксические производные (22R,23R)-22,23-дигидроксистигмастана / Ф.В. Дроздов, А.Р. Мехтиев, Г.Е. Морозевич // Биоорганическая химия. – 2007. – Т. 33, № 3. – С. 1-8.
- 96.** Пийр Е.А. Δ^5 -7-Кетостерины с модифицированной боковой цепью. Синтез, влияние на жизнеспособность и биосинтез холестерина в клетках Нер G2 / Е.А. Пийр, Г.Е. Морозевич, Ф.В. Дроздов // Биоорганическая химия. – 2006. – Т. 32, № 5. – С. 551-558.
- 97.** Spirostanic analogues of teasterone. Synthesis, characterization and biological activity of laxogenin, (23S)-hydroxylaxogenin and 23-ketolaxogenin (23-oxolaxogenin) // M.A. Iglesias–Arteaga [et al.] // J. Chem. Soc., Perkin Trans. – 2001. – Vol. 1, № 3. – P. 261–266.
- 98.** Okanishi, T. Studies on the steroidal components of domestic plants. XLVII. Constituents of the stem of Smilax sieboldi Miq. (1). The structure of laxogenin / T. Okanishi, A. Akahor, F. Yasuda // Chem. Pharm. Bull. – 1965. – Vol. 13, № 5. – P. 545–550.
- 99.** Rodrigues, C.R. Synthesis and Biological Activity of Three New 5 α -Hydroxy Spirostanic Brassinosteroid Analogues / C.R. Rodriguez, Y.I. Villalobosa, E.A. Becerra // J. Braz. Chem. Soc. – 2003. – Vol. 14, № 3. – P. 466-469.

- 100.** New synthetic brassinosteroids: a 5-hydroxy-6-ketone analog with strong plant growth promoting activity / C. Brosa [et al.] // *Tetrahedron*. – 1998. – Vol. 54, № 40. – P. 12337–12348.
- 101.** The preparation of the spirostane analogues of brassinolide and castasterone / R. Rodrigues [et al.] // *Polish J. Chem.* – 2006. – Vol. 80, № 4. – P. 637–646.
- 102.** A new route for the preparation of the 22,23-dioxocholestan side chain from diosgenin and its application to the stereocontrolled construction of the 22R,23S-diol function / S. Rinson [et al.] // *Tetrahedron*. – 2006. – Vol. 62, № 11. – P. 2594–2602.
- 103.** Preparation of 22,26-epoxycholest-22-ene steroids. Novel transformation of the side chain in sapogenins. J. Sandoval-Ramirez [et al.] // *Tetrahedron Letters* // 1999. – Vol. 40, № 28. – P. 5143–5146.
- 104.** Синтез $2\alpha,3\alpha$ -изопропилидендиокси-6,6-этилендиокси- 5α -андрост-15-ен-17-она и его $2\beta,3\beta$ -изомера. // Р.П.Литвиновская [и др.] // *Биоорганическая химия*. – 2007. – Т. 33, № 3 – С. 342–348.
- 105.** Strnad, M. A simple brassinolide analogue $2\alpha, 3\alpha$ - dihydroxy-17 β -(3-methyl-butyryloxy)-7-oxa-B-homo- 5α -androstan-6-one which induces bean second internode Splitting // M. Strnad, L. Kohout // *Plant Growth Regulation*. – 2003. – Vol. 40, № 1. – P. 39–47.
- 106.** Brassinosteroids with androstane and pregnane skeleton / L. Kohout [et al.] // *Coll. Czech.Chem. Commun.* – 1987. – Vol.52. – P.476–486.
- 107.** Synthesis of Brassinosteroids of Varying Acyl Side Chains and Evaluation of Their Brassinolide-like Activity / S. Uesasaki [et al.] // *Biosci. Biotechnol. Biochem.* – 2004. – Vol. 68, № 5. – P. 1097–1105.